

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 1 1 日
Date of Application:

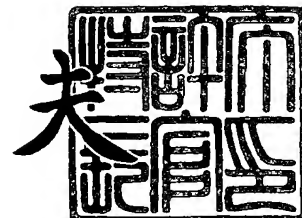
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 9 8 3 4 8
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 9 8 3 4 8]

出 願 人 ソニー株式会社
Applicant(s): 山口 仁一

2 0 0 3 年 8 月 2 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 0290682703

【提出日】 平成14年10月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B25J 1/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 宮本 敦史

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 三上 達郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市多摩平 5 - 1 4 - 3 8

【氏名】 山口 仁一

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 599133381

【氏名又は名称】 山口 仁一

【代理人】

【識別番号】 100093241

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮田 正昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100101801

【弁理士】

【氏名又は名称】 山田 英治

【選任した代理人】

【識別番号】 100086531

【弁理士】

【氏名又は名称】 澤田 俊夫

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 048747

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904833

【包括委任状番号】 0012828

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 脚式移動ロボットのためのモーション編集装置及びモーション編集方法、並びにコンピュータ・プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の関節自由度と外界環境を計測するセンサを備えた脚式移動ロボットのためのモーション編集装置であって、

モーション・データを入力するデータ入力部と、

モーション・データを実機上で再生するデータ再生部と、

モーション・データを再生中の前記センサからのセンサ情報を取得するセンサ情報取得部と、

該取得したセンサ情報を基にモーションを評価するモーション評価部と、

該評価結果を基にモーション・データを修正するモーション修正部と、

を具備することを特徴とする脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 2】

前記モーション評価部において評価基準を満たすモーション・データに前記センサ情報取得部で取得されたセンサ情報を参照データとして埋め込んで出力するモーション・データ出力部をさらに備える、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 3】

前記モーション・データ出力部は、各関節についての角度指令値とモーション実行時の測定値の組み合わせで構成される関節角情報を参照センサ情報を埋め込んだモーション・データとして出力する、

ことを特徴とする請求項 2 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 4】

前記モーション・データ出力部は、各センサについてのモーション編集時の目標値とモーション実行時の測定値とセンサ出力をフィルタリングした後の測定値

の組み合わせで構成される姿勢情報を参照センサ情報を埋め込んだモーション・データとして出力する、
ことを特徴とする請求項 2 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 5】

前記モーション・データ出力部は、左右の各足底についての編集時の目標 ZMP 軌道とモーション実行時に安定化制御によって修正された後の ZMP 軌道の組み合わせで構成される ZMP 軌道情報を参照センサ情報を埋め込んだモーション・データとして出力する、
ことを特徴とする請求項 2 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 6】

前記モーション・データ出力部は、床反力センサの編集時の目標値とモーション実行時の測定値の組み合わせで構成される足底接地情報及び／又は接触情報を参照センサ情報を埋め込んだモーション・データとして出力する、
ことを特徴とする請求項 2 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 7】

前記モーション評価部は、実ロボット上で実行したときの追従性を時系列で評価する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 8】

前記モーション評価部は、実ロボットで実行したときのアクチュエータ・トルク値と回転数を時系列で取得し、取得したデータをアクチュエータの特性を示す NT 曲線と比較し、アクチュエータの限界トルクを超えている動作がないかを評価する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 9】

前記モーション評価部は、モーション編集時に計画した姿勢センサ値や ZMP 軌道と、実ロボットで実行したときセンサ値や ZMP 軌道との差を算出して、姿勢を評価する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 10】

前記モーション評価部は、モーション編集時の姿勢と実ロボット上でモーションを実行したときの測定値との差分を計算して、接地及び／又は接触の評価を行なう、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 11】

前記モーション評価部は、前回以前の評価によって修正されたモーションに対して、測定値の改善度を算出し、補正達成度の評価を行なう、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 12】

前記モーション評価部は、衝撃によるアクチュエータ・トルクや ZMP 偏差・加速度の影響を算出し、外部接触による衝撃の評価を行なう、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 13】

前記モーション修正部は、アクチュエータ応答性評価結果に基づいて、アクチュエータへの角度指示値を修正し、及び／又は、アクチュエータの制御パラメータを修正する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 14】

前記モーション修正部は、アクチュエータ・トルクの評価結果に基づいて、姿勢安定化処理ブロックの内容を変更する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 15】

前記モーション修正部は、接地及び／又は接触の評価結果に基づいて、姿勢安定化処理ブロックの内容を変更する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 16】

前記モーション修正部は、外部接触による衝撃の評価結果に基づいて、外部接触を考慮した姿勢安定化処理ブロックの制御を変更する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 17】

前記データ再生部は、モーション・データの任意の範囲のみを取り出して実機上で再生する、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 18】

前記データ再生部は、
モーション・データ中の開始時刻を設定し、該開始時刻における動的姿勢を計算し、該開始時刻の動的姿勢を終点とする過渡モーションを生成し、該過渡モーションを用いて実機上でのモーションの再生を行なうとともに、
モーション・データ中の停止時刻を設定し、該停止時刻における動的姿勢を計算し、該停止姿勢を始点とする過渡モーションを生成し、該過渡モーションを用いて実機の動作を停止させる、
ことを特徴とする請求項 17 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集装置。

【請求項 19】

複数の関節自由度と外界環境を計測するセンサを備えた脚式移動ロボットのためのモーション編集方法であって、

モーション・データを入力するデータ入力ステップと、

モーション・データを実機上で再生するデータ再生ステップと、

モーション・データを再生中の前記センサからのセンサ情報を取得するセンサ情報取得ステップと、

該取得したセンサ情報を基にモーションを評価するモーション評価ステップと

、
該評価結果を基にモーション・データを修正するモーション修正ステップと、
を具備することを特徴とする脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 20】

前記モーション評価ステップにおいて評価基準を満たすモーション・データに前記センサ情報取得部で取得されたセンサ情報を参照データとして埋め込んで出力するモーション・データ出力ステップをさらに備える、
ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 21】

前記モーション・データ出力ステップでは、各関節についての角度指令値とモーション実行時の測定値の組み合わせで構成される関節角情報を参照センサ情報を埋め込んだモーション・データとして出力する、
ことを特徴とする請求項 20 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 22】

前記モーション・データ出力ステップでは、各センサについてのモーション編集時の目標値とモーション実行時の測定値とセンサ出力をフィルタリングした後の測定値の組み合わせで構成される姿勢情報を参照センサ情報を埋め込んだモーション・データとして出力する、
ことを特徴とする請求項 20 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集

方法。

【請求項 23】

前記モーション・データ出力ステップでは、左右の各足底についての編集時の目標 ZMP 軌道とモーション実行時に安定化制御によって修正された後の ZMP 軌道の組み合わせで構成される ZMP 軌道情報を参照センサ情報を埋め込んだモーション・データとして出力する、

ことを特徴とする請求項 20 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 24】

前記モーション・データ出力ステップでは、床反力センサの編集時の目標値とモーション実行時の測定値の組み合わせで構成される足底接地情報及び／又は接触情報を参照センサ情報を埋め込んだモーション・データとして出力する、

ことを特徴とする請求項 20 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 25】

前記モーション評価ステップでは、実ロボット上で実行したときの追従性を時系列で評価する、

ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 26】

前記モーション評価ステップでは、実ロボットで実行したときのアクチュエータ・トルク値と回転数を時系列で取得し、取得したデータをアクチュエータの特性を示す NT 曲線と比較し、アクチュエータの限界トルクを超えている動作がないかを評価する、

ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 27】

前記モーション評価ステップでは、モーション編集時に計画した姿勢センサ値や ZMP 軌道と、実ロボットで実行したときセンサ値や ZMP 軌道との差を算出

して、姿勢を評価する、

ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 28】

前記モーション評価ステップでは、モーション編集時の姿勢と実ロボット上でモーションを実行したときの測定値との差分を計算して、接地及び／又は接触の評価を行なう、

ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 29】

前記モーション評価ステップでは、前回以前の評価によって修正されたモーションに対して、測定値の改善度を算出し、補正達成度の評価を行なう、

ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 30】

前記モーション評価ステップでは、衝撃によるアクチュエータ・トルクや ZMP 偏差・加速度の影響を算出し、外部接触による衝撃の評価を行なう、

ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 31】

前記モーション修正ステップでは、アクチュエータ応答性評価結果に基づいて、アクチュエータへの角度指示値を修正し、及び／又は、アクチュエータの制御パラメータを修正する、

ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 32】

前記モーション修正ステップでは、アクチュエータ・トルクの評価結果に基づいて、姿勢安定化処理ブロックの内容を変更する、

ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集

方法。

【請求項 33】

前記モーション修正ステップでは、接地及び／又は接触の評価結果に基づいて、姿勢安定化処理ブロックの内容を変更する、
ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 34】

前記モーション修正ステップでは、外部接触による衝撃の評価結果に基づいて、外部接触を考慮した姿勢安定化処理ブロックの制御を変更する、
ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 35】

前記データ再生ステップでは、モーション・データの任意の範囲のみを取り出して実機上で再生する、
ことを特徴とする請求項 19 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 36】

前記データ再生ステップでは、
モーション・データ中の開始時刻を設定し、該開始時刻における動的姿勢を計算し、該開始時刻の動的姿勢を終点とする過渡モーションを生成し、該過渡モーションを用いて実機上でのモーションの再生を行なうとともに、
モーション・データ中の停止時刻を設定し、該停止時刻における動的姿勢を計算し、該停止姿勢を始点とする過渡モーションを生成し、該過渡モーションを用いて実機の動作を停止させる、
ことを特徴とする請求項 35 に記載の脚式移動ロボットのためのモーション編集方法。

【請求項 37】

複数の関節自由度と外界環境を計測するセンサを備えた脚式移動ロボットのためのモーション編集処理をコンピュータ・システム上で実行するようにコンピュ

ータ可読形式で記述されたコンピュータ・プログラムであって、
モーション・データを入力するデータ入力ステップと、
モーション・データを実機上で再生するデータ再生ステップと、
モーション・データを再生中の前記センサからのセンサ情報を取得するセンサ
情報取得ステップと、
該取得したセンサ情報を基にモーションを評価するモーション評価ステップと
、
該評価結果を基にモーション・データを修正するモーション修正ステップと、
を具備することを特徴とするコンピュータ・プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ロボットの所定の動作パターンを記述するモーションの作成・編集
を支援するためのモーション編集装置及びモーション編集方法、並びにコンピュ
ータ・プログラムに係り、特に、可動脚によりさまざまな作業を行なう脚式移動
ロボットのためのモーション編集装置及びモーション編集方法、並びにコンピュ
ータ・プログラムに関する。

【0002】

さらに詳しくは、本発明は、実機上での実行可能性を考慮しながら動作パター
ンの編集を支援する脚式移動ロボットのためのモーション編集装置及びモーショ
ン編集方法、並びにコンピュータ・プログラムに係り、特に、実機上で動作を確
認しながら編集されたモーションを修正する脚式移動ロボットのためのモーショ
ン編集装置及びモーション編集方法、並びにコンピュータ・プログラムに関する
。

【0003】

【従来の技術】

電氣的若しくは磁氣的な作用を用いて人間の動作に似せた運動を行う機械装置
のことを「ロボット」という。ロボットの語源は、スラブ語の”ROBOTA”（
奴隷機械）”に由来すると言われている。わが国では、ロボットが普及し始めた

のは1960年代末からであるが、その多くは、工場における生産作業の自動化・無人化などを目的としたマニピュレータや搬送ロボットなどの産業用ロボット(industrial robot)であった。

【0004】

最近では、ヒトやサルなどの2足直立歩行を行う動物の身体メカニズムや動作を模した脚式移動ロボットに関する研究開発が進展し、実用化への期待も高まってきている。2足直立による脚式移動は、クローラ式や、4足又は6足式などに比し不安定で姿勢制御や歩行制御が難しくなるが、不整地や障害物など作業経路上に凹凸のある歩行面や、階段や梯子の昇降など不連続な歩行面に対応することができるなど、柔軟な移動作業を実現できるという点で優れている。

【0005】

また、ヒトの生体メカニズムや動作を再現した脚式移動ロボットのことを、特に、「人間形」、若しくは「人間型」のロボット(humanoid robot)と呼ぶ。人間型ロボットは、例えば、生活支援、すなわち住環境その他の日常生活上のさまざまな場面における人的活動の支援などを行なうことができる。

【0006】

人間の作業空間や居住空間のほとんどは、2足直立歩行という人間が持つ身体メカニズムや行動様式に合わせて形成されおり、車輪その他の駆動装置を移動手段とした現状の機械システムが移動するのには多くの障壁が存在する。したがって、機械システムすなわちロボットがさまざまな人的作業を代行し、さらに人間の住空間に深く浸透していくためには、ロボットの移動可能範囲が人間のそれとほぼ同じであることが好ましい。これが、脚式移動ロボットの実用化が大いに期待されている所以でもある。

【0007】

昨今の脚式移動ロボットは高い情報処理能力を備えており、ロボットそのものを一種の計算機システムとして捉えることができる。言い換えれば、ロボット上で実現される動作パターン、あるいは、複数の基本的な動作パターンの組合せによって構成される高度且つ複雑な一連の動作シーケンスすなわちモーションは、コンピュータ・プログラミングと同様の作業によって構築される。

【0008】

実機を動作するためのモーション・データが数多く普及されることが、ロボット本体が普及していくためには必須である。したがって、ロボット用のモーション編集を行なうための開発環境の構築が強く望まれている。

【0009】

また、今後、産業界のみならず一般家庭や日常生活にもロボットが深く浸透していくことが予想される。とりわけ、エンターテインメント性を追求する製品に関しては、コンピュータやコンピュータ・プログラミングに関する高度な知識を持たない一般消費者層がロボットを購入して使用するケースが多いと予想される。このような一般ユーザにとっても、ロボットの動作シーケンスを対話的な処理により比較的容易且つ効率的に作成・編集することを支援するためのツール、すなわちモーション編集システムを提供することが好ましい。

【0010】

ロボットは、関節などの複数の制御点で構成されており、したがって、各制御点における位置や速度（関節角やその角速度）を入力していくことにより、機体動作を編集することができる。この点では、コンピュータ・グラフィックスにおけるキャラクタのアニメーション生成に類似する。しかしながら、仮想空間上での動作と実機動作とは自ずと相違がある。脚式移動ロボットの場合には、単に関節角を駆動させただけでは所望の動作を実行することはできず、転倒することなく脚式作業を継続している必要がある。言い換えれば、実機上での動作を確認し、モーション実行中に機体が姿勢の安定度を維持していることが、所望動作を実現することの前提となる。

【0011】

多くの場合、脚式移動ロボットの姿勢安定制御には、足底接地点と路面の形成する支持多角形の辺上あるいはその内側にモーメントがゼロとなる点を探索するというZMP安定度判別規範を用いる。2足の脚式移動ロボットの場合、この支持多角形が極めて高いことから、姿勢安定制御はとりわけ困難とされている。

【0012】

機体の各制御点における指示値を画面入力してロボットのモーションを組むと

いうモーション編集システムは既に存在するが、しかしながら、編集されたモーションで実機動作させる場合の姿勢安定性をチェックしたり、姿勢が安定化するように所望のモーションを修正したりするようなシステムは未だない。せっかく組まれたモーションでは機体の姿勢安定性を維持できず、モーション自体を実行することができないのでは、実質的にモーションを編集したことにはならない。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、実機上での実行可能性を考慮しながら動作パターンの編集を支援することができる、脚式移動ロボットのための優れたモーション編集装置及びモーション編集方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。

【0014】

本発明のさらなる目的は、実機上で動作を確認しながら編集されたモーションを修正することができる、優れたモーション編集装置及びモーション編集方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段及び作用】

本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、その第1の側面は、複数の関節自由度と外界環境を計測するセンサを備えた脚式移動ロボットのためのモーション編集装置又はモーション編集方法であって、

モーション・データを入力するデータ入力部又はステップと、

モーション・データを実機上で再生するデータ再生部又はステップと、

モーション・データを再生中の前記センサからのセンサ情報を取得するセンサ情報取得部又はステップと、

該取得したセンサ情報を基にモーションを評価するモーション評価部又はステップと、

該評価結果を基にモーション・データを修正するモーション修正部又はステップと、

を具備することを特徴とする脚式移動ロボットのためのモーション編集装置又は

モーション編集方法である。

【0016】

本発明の第1の側面に係る脚式移動ロボットのためのモーション編集装置又はモーション編集方法によれば、実ロボットのセンサ情報を通信により取得することにより、実ロボットの応答を考慮したモーションを作成することができる。また、基準環境下で作成されたモーション・データを、例えば住居環境などの異なる環境下で実行したときに、実ロボットが意図したとおり動作しているかどうかを判断することができる。

【0017】

ここで、本発明の第1の側面に係る脚式移動ロボットのためのモーション編集装置又はモーション編集方法は、前記モーション評価部又はステップにおいて評価基準を満たすモーション・データに前記センサ情報取得部で取得されたセンサ情報を参照データとして埋め込んで出力するモーション・データ出力部又はステップをさらに備えていてもよい。

【0018】

モーション・データが記述するロボットの動作自体が同じであっても、外部環境又は作業環境に応じて各センサ出力は相違する。例えば、同じ歩行パターンであっても、坂道のとき、あるいは路面が動いてしまう砂利の上や毛足の長い絨毯の上とでは、センサの出力値は異なる。モーション・データが参照センサ情報を埋め込むことにより、特定の作業環境下（あるいはロボットの利用形態）に応じたモーション・データを記述することができる、という利点がある。

【0019】

前記モーション・データ出力部又はステップは、各関節についての角度指令値とモーション実行時の測定値の組み合わせで構成される関節角情報、各センサについてのモーション編集時の目標値とモーション実行時の測定値とセンサ出力をフィルタリングした後の測定値の組み合わせで構成される姿勢情報、左右の各足底についての編集時の目標ZMP軌道とモーション実行時に安定化制御によって修正された後のZMP軌道の組み合わせで構成されるZMP軌道情報、床反力センサの編集時の目標値とモーション実行時の測定値の組み合わせで構成される足

底接地情報及び／又は接触情報などを、参照センサ情報を埋め込んだモーション・データとして出力するようにしてもよい。

【0020】

また、前記モーション評価部又はステップは、実ロボット上で実行したときの追従性を時系列で評価するようにしてもよい。

【0021】

また、前記モーション評価部又はステップは、実ロボットで実行したときのアクチュエータ・トルク値と回転数を時系列で取得し、取得したデータをアクチュエータの特性を示すNT曲線と比較し、アクチュエータの限界トルクを超えている動作がないかを評価するようにしてもよい。

【0022】

また、前記モーション評価部又はステップは、モーション編集時に計画した姿勢センサ値やZMP軌道と、実ロボットで実行したときセンサ値やZMP軌道との差を算出して、姿勢を評価するようにしてもよい。

【0023】

また、前記モーション評価部又はステップは、モーション編集時の姿勢と実ロボット上でモーションを実行したときの測定値との差分を計算して、接地及び／又は接触の評価を行なうようにしてもよい。

【0024】

また、前記モーション評価部又はステップは、前回以前の評価によって修正されたモーションに対して、測定値の改善度を算出し、補正達成度の評価を行なうようにしてもよい。

【0025】

また、前記モーション評価部又はステップは、衝撃によるアクチュエータ・トルクやZMP偏差・加速度の影響を算出し、外部接触による衝撃の評価を行なうようにしてもよい。

【0026】

また、前記モーション修正部又はステップは、アクチュエータ応答性評価結果に基づいて、アクチュエータへの角度指示値を修正し、及び／又は、アクチュエ

ータの制御パラメータを修正するようにしてもよい。

【0027】

また、前記モーション修正部又はステップは、アクチュエータ・トルクの評価結果に基づいて、姿勢安定化処理ブロックの内容を変更するようにしてもよい。

【0028】

また、前記モーション修正部又はステップは、接地及び／又は接触の評価結果に基づいて、姿勢安定化処理ブロックの内容を変更するようにしてもよい。

【0029】

また、前記モーション修正部又はステップは、外部接触による衝撃の評価結果に基づいて、外部接触を考慮した姿勢安定化処理ブロックの制御を変更するようにしてもよい。

【0030】

また、前記データ再生部又はステップは、モーション・データの任意の範囲のみを取り出して実機上で再生するようにしてもよい。

【0031】

モーション・データを実機上で再生する際、モーション・データの任意の範囲のみを取り出して実機上で再生することにより、モーション編集作業の効率化を図ることができる。

【0032】

この場合、前記データ再生部又はステップは、モーション・データ中の開始時刻を設定し、該開始時刻における動的姿勢を計算し、該開始時刻の動的姿勢を終点とする過渡モーションを生成し、該過渡モーションを用いて実機上でのモーションの再生を行なうとともに、モーション・データ中の停止時刻を設定し、該停止時刻における動的姿勢を計算し、該停止姿勢を始点とする過渡モーションを生成し、該過渡モーションを用いて実機の動作を停止させるようにすればよい。

【0033】

モーションは、2以上のポーズの時系列的な組み合わせで構成されるが、加速度を積極的且つ継続的に用いたダイナミックなモーション（継続的動的運動）を実行する場合、そのモーションを途中から実行し、評価を行なうことは不可能で

ある。そこで、本発明では、そのような継続的動的運動を任意の時刻からの再生・停止を可能とすることで、モーションの評価に要する時間を極めて短縮するようにした。

【0034】

また、本発明の第2の側面は、複数の関節自由度と外界環境を計測するセンサを備えた脚式移動ロボットのためのモーション編集処理をコンピュータ・システム上で実行するようにコンピュータ可読形式で記述されたコンピュータ・プログラムであって、

モーション・データを入力するデータ入力ステップと、

モーション・データを実機上で再生するデータ再生ステップと、

モーション・データを再生中の前記センサからのセンサ情報を取得するセンサ情報取得ステップと、

該取得したセンサ情報を基にモーションを評価するモーション評価ステップと、

、

該評価結果を基にモーション・データを修正するモーション修正ステップと、を具備することを特徴とするコンピュータ・プログラムである。

【0035】

本発明の第2の側面に係るコンピュータ・プログラムは、コンピュータ・システム上で所定の処理を実現するようにコンピュータ可読形式で記述されたコンピュータ・プログラムを定義したものである。換言すれば、本発明の第2の側面に係るコンピュータ・プログラムをコンピュータ・システムにインストールすることによって、コンピュータ・システム上では協働的作用が発揮され、本発明の第1の側面に係る脚式移動ロボットのためのモーション編集装置又はモーション編集方法と同様の作用効果を得ることができる。

【0036】

本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施形態や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【0037】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳解する。

【0038】

A. 脚式移動ロボットの機械的構成

図1及び図2には、本発明に係るモーション編集システムによるモーション編集の対象となる脚式移動ロボット100の外観構成を示している。この脚式移動ロボット100は、「人間形」又は「人間型」と呼ばれ、図示の通り、脚式移動ロボット100は、胴体部と、頭部と、左右の上肢部と、脚式移動を行う左右2足の下肢部とで構成され、例えば胴体に内蔵されている制御部（図示しない）により機体の動作を統括的にコントロールするようになっている。

【0039】

左右各々の下肢は、大腿部と、膝関節と、脛部と、足首と、足平とで構成され、股関節によって体幹部の略最下端にて連結されている。また、左右各々の上肢は、上腕と、肘関節と、前腕とで構成され、肩関節によって体幹部の上方の左右各側縁にて連結されている。また、頭部は、首関節によって体幹部の略最上端中央に連結されている。

【0040】

制御部は、この脚式移動ロボット100を構成する各関節アクチュエータの駆動制御や各センサ（後述）などからの外部入力进行处理するコントローラ（主制御部）や、電源回路その他の周辺機器類を搭載した筐体である。制御部は、その他、遠隔操作用の通信インターフェースや通信装置を含んでもよい。

【0041】

このように構成された脚式移動ロボット100は、制御部による全身協調的な動作制御により、2足歩行を実現することができる。かかる2足歩行は、一般に、以下に示す各動作期間に分割される歩行周期を繰り返すことによって行なわれる。すなわち、

【0042】

- (1) 右脚を持ち上げた、左脚による単脚支持期
- (2) 右足が接地した両脚支持期
- (3) 左脚を持ち上げた、右脚による単脚支持期

(4) 左足が接地した両脚支持期

【0043】

脚式移動ロボット100における歩行制御は、あらかじめ下肢の目標軌道を計画し、上記の各期間において計画軌道の修正を行なうことによって実現される。すなわち、両脚支持期では、下肢軌道の修正を停止して、計画軌道に対する総修正量を用いて腰の高さを一定値で修正する。また、単脚支持期では、修正を受けた脚の足首と腰との相対位置関係を計画軌道に復帰させるように修正軌道を生成する。

【0044】

歩行動作の軌道修正を始めとして、機体の姿勢安定制御には、一般に、ZMP に対する偏差を小さくするための位置、速度、及び加速度が連続となるように、5次多項式を用いた補間計算により行なう。ZMP (Zero Moment Point) を歩行の安定度判別の規範として用いている。

【0045】

ZMP による安定度判別規範は、歩行系から路面には重力と慣性力、並びにこれらのモーメントが路面から歩行系への反作用としての床反力並びに床反力モーメントとバランスするという「ダランベールの原理」に基づく。力学的推論の帰結として、足底接地点と路面の形成する支持多角形（すなわちZMP安定領域）の辺上あるいはその内側にピッチ軸及びロール軸モーメントがゼロとなる点、すなわち「ZMP (Zero Moment Point)」が存在する。

【0046】

図3には、本発明の実施に供される脚式移動ロボット100の自由度構成を模式的に示している。

【0047】

同図に示すように、本ロボットは、機体に四肢が取り付けられ、肩関節ピッチ軸、肩関節ロール軸、上腕ヨー軸、肘関節ピッチ軸、前腕ヨー軸、手首ロール軸、手首ピッチ軸という7自由度からなる左右の腕部と、股関節ヨー軸、股関節ロール軸、股関節ピッチ軸、膝ピッチ軸、足首ピッチ軸、足首ロール軸という6自由度からなる左右の脚部で構成されている。

【 0 0 4 8 】

これらの各関節自由度は、実際にはアクチュエータ・モータにより実現される。本実施形態では、ギア直結型で且つサーボ制御系をワンチップ化してモータ・ユニットに内蔵したタイプの小型 A C サーボ・アクチュエータを搭載する。なお、この種の A C サーボ・アクチュエータに関しては、例えば本出願人に既に譲渡されている特開 2 0 0 0 - 2 9 9 9 7 0 号公報（特願平 1 1 - 3 3 3 8 6 号明細書）に開示されている。

【 0 0 4 9 】

機体には、加速度センサ A 1 及びジャイロ G 1 が搭載されている。また、左右の足底四隅には、足底面垂直方向の床反力を検出する 1 軸ロードセル（F 1 ～ F 8）と、床面までの距離を測定する赤外線測距センサ（D 1 ～ D 8）がそれぞれ 4 つ取り付けられている。また、左右の足底中央部には、それぞれ加速度センサ（A 2，A 3）及びジャイロ（G 2，G 3）が取り付けられている。

【 0 0 5 0 】

なお、図面の錯綜を防止するために、図 3 では省略しているが、頭部ユニットは、胴体に対して、首関節ヨー軸、第 1 及び第 2 の首関節ピッチ軸、首関節ロール軸の各軸回りの関節自由度を備えている。また、体幹部には、体幹ロール軸及び体格ピッチ軸の各軸回りの関節自由度を備えている。

【 0 0 5 1 】**B. 脚式移動ロボットの制御システム構成**

図 4 には、脚式移動ロボット 1 0 0 の制御システム構成を模式的に示している。同図に示すように、脚式移動ロボット 1 0 0 は、ヒトの四肢を表現した各機構ユニット 3 0，4 0，5 0 R／L，6 0 R／L と、各機構ユニット間の協調動作を実現するための適応制御を行う制御ユニット 8 0 とで構成される（但し、R 及び L の各々は、右及び左の各々を示す接尾辞である。以下同様）。

【 0 0 5 2 】

脚式移動ロボット 1 0 0 全体の動作は、制御ユニット 8 0 によって統括的に制御される。制御ユニット 8 0 は、C P U（Central Processing Unit）やメモリ等の主要回路コンポーネント（図示しない）で構成される主制御部 8 1 と、電源

回路やロボット100の各構成要素とのデータやコマンドの授受を行うインターフェース（いずれも図示しない）などを含んだ周辺回路82とで構成される。

【0053】

本発明を実現する上で、この制御ユニット80の設置場所は特に限定されない。図4では体幹部ユニット40に搭載されているが、頭部ユニット30に搭載してもよい。あるいは、脚式移動ロボット100外に制御ユニット80を配備して、脚式移動ロボット100の機体とは有線若しくは無線で交信するようにしてもよい。

【0054】

図3に示した脚式移動ロボット100内の各関節自由度は、それぞれに対応するアクチュエータ・モータMによって実現される。すなわち、頭部ユニット30には、首関節ヨー軸、第1及び第2の首関節ピッチ軸、首関節ロール軸の各々を表現する首関節ヨー軸アクチュエータM₁、首関節ピッチ軸アクチュエータM_{2A}及びM_{2B}、首関節ロール軸アクチュエータM₃が配設されている。

【0055】

また、体幹部ユニット40には、体幹ピッチ軸、体幹ロール軸の各々を表現する体幹ピッチ軸アクチュエータM₁₁、体幹ロール軸アクチュエータM₁₂が配備されている。

【0056】

また、腕部ユニット50R/Lは、上腕ユニット51R/Lと、肘関節ユニット52R/Lと、前腕ユニット53R/Lに細分化されるが、肩関節ピッチ軸、肩関節ロール軸、上腕ヨー軸、肘関節ピッチ軸、肘関節ヨー軸、手首ロール軸、手首関節ピッチ軸の各々を表現する肩関節ピッチ軸アクチュエータM₄、肩関節ロール軸アクチュエータM₅、上腕ヨー軸アクチュエータM₆、肘関節ピッチ軸アクチュエータM₇、肘関節ヨー軸アクチュエータM₈、手首関節ロール軸アクチュエータM₉、手首関節ピッチ軸アクチュエータM₁₀がそれぞれ配備されている。

【0057】

また、脚部ユニット60R/Lは、大腿部ユニット61R/Lと、膝ユニット62R/Lと、脛部ユニット63R/Lに細分化されるが、股関節ヨー軸、股関

節ピッチ軸、股関節ロール軸、膝関節ピッチ軸、足首関節ピッチ軸、足首関節ロール軸の各々を表現する股関節ヨー軸アクチュエータM₁₃、股関節ピッチ軸アクチュエータM₁₄、股関節ロール軸アクチュエータM₁₅、膝関節ピッチ軸アクチュエータM₁₆、足首関節ピッチ軸アクチュエータM₁₇、足首関節ロール軸アクチュエータM₁₈が配備されている。

【0058】

各関節に用いられるアクチュエータM₁, M₂, M₃…は、より好ましくは、ギア直結型で且つサーボ制御系をワンチップ化してモータ・ユニット内に搭載したタイプの小型ACサーボ・アクチュエータ（前述）で構成することができる。

【0059】

頭部ユニット30、体幹部ユニット40、腕部ユニット50、各脚部ユニット60などの各機構ユニット毎に、アクチュエータ駆動制御用の副制御部35, 45, 55, 65が配備されている。

【0060】

機体の体幹部40には、加速度センサA1と、ジャイロ・センサなどからなる姿勢センサG1が配設されている。加速度センサA1は、例えばX, Y, Z各軸方向に配置する。機体の腰部に加速度センサA1を配設することによって、質量操作量が大きな部位である腰部を制御目標点として設定して、その位置における姿勢や加速度を直接計測して、ZMPに基づく姿勢安定制御を行なうことができる。

【0061】

また、各脚部60R, Lには、床反力センサF1～F4, F5～F8と、加速度センサA2, A3、姿勢センサG2, G3がそれぞれ配設されている。床反力センサF1～F8は、例えば足底に圧力センサを装着することにより構成され、床反力の有無により足底が着床したか否かを検出することができる。また、加速度センサA2, A3は、少なくともX及びYの各軸方向に配置する。左右の足部に加速度センサA2, A3を配設することにより、ZMP位置に最も近い足部で直接ZMP釣合い方程式を組み立てることができる。

【0062】

質量操作量が大きな部位である腰部にのみ加速度センサを配置した場合、腰部のみが制御目標点に設定され、足部の状態は、この制御目標点の計算結果を基に相対的に算出しなければならず、足部と路面との間では以下の条件を満たすことが、前提となってしまう。

【0063】

- (1) 路面はどんな力やトルクが作用しても動くことがない。
- (2) 路面での並進に対する摩擦係数は十分に大きく、滑りが生じない。

【0064】

これに対し、本実施形態では、路面との接触部位である足部にZMPと力を直接する反力センサ・システム（床反力センサなど）を配備するとともに、制御に用いるローカル座標とその座標を直接的に計測するための加速度センサを配設する。この結果、ZMP位置に最も近い足部で直接ZMP釣り合い方程式を組み立てることができ、上述したような前提条件に依存しない、より厳密な姿勢安定制御を高速で実現することができる。この結果、力やトルクが作用すると路面が動いてしまう砂利上や毛足の長い絨毯上や、並進の摩擦係数が十分に確保できずに滑りが生じ易い住居のタイルなどであっても、機体の安定歩行（運動）を保証することができる。

【0065】

主制御部80は、各センサA1～A3, G1～G3, F1～F8の出力に応答して制御目標をダイナミックに補正することができる。より具体的には、副制御部35, 45, 55, 65の各々に対して適応的な制御を行い、脚式移動ロボット100の上肢、体幹、及び下肢が協調して駆動する全身運動パターンを実現する。

【0066】

ロボット100の機体上での全身運動は、足部運動、ZMP（Zero Moment Point）軌道、体幹運動、上肢運動、腰部高さなどを設定するとともに、これらの設定内容に従った動作を指示するコマンドを各副制御部35, 45, 55, 65に転送する。そして、各々の副制御部35, 45…では、主制御部81からの受信コマンドを解釈して、各アクチュエータM₁, M₂, M₃…に対して駆動制御信

号を出力する。ここで言う「ZMP」とは、歩行中の床反力によるモーメントがゼロとなる床面上の点のことであり、また、「ZMP軌道」とは、例えばロボット100の歩行動作期間中にZMPが動く軌跡を意味する（前述）。

【0067】

C. モーション編集システム

図5には、本発明の一実施形態に係るモーション編集システムにおける処理フローを模式的に示している。

【0068】

まず、ユーザは、モーション編集アプリケーションをインストールしたパーソナル・コンピュータなどのモーション編集システム上で、オフラインで脚式移動ロボット100用のモーション・データを編集する（ステップS1）。

【0069】

ここで、モーション・データは、例えばロボット100の2以上のポーズ（姿勢）を時系列的に組み合わせていくことによって編集を行なうことができる。ロボット100のポーズは、各関節角の変位量によって記述される。また、モーション・データは、各関節角の変位量やその速度、加速度などで構成される。なお、モーション・データ自体は、例えば本出願人に既に譲渡されている特願2002-73423号明細書に記載の動作編集装置を用いることによって好適に編集することができる。

【0070】

次いで、作成したモーション・データを脚式移動ロボット100にインストールして、実機を使用して動作確認を行なう（ステップS2）。このとき、モーション・データ自体は、動作の連続すなわち各関節角の変位や速度などからなる時系列データであり、時として長大である。本実施形態では、モーション・データの任意の範囲のみを取り出して実機上で再生することにより、モーション編集作業の効率化を図っているが、この点については後に詳解する。

【0071】

次いで、実機を使用してモーション・データの任意の範囲を再生したときに、機体上に設置された各センサからの出力すなわちセンサ情報を、モーション編集

システムに転送する（ステップ S 3）。ここで言うセンサ情報には、各関節アクチュエータに配設されたエンコーダからの回転信号の他、体幹部ユニット 40（機体の略重心位置）に配設された加速度センサ A 1 及びジャイロ・センサ G 1、左右の足底に配設された加速度センサ A 2～A 3、ジャイロ・センサ G 2～G 3、並びに床反力センサ F 1～F 8 からの出力が含まれる。

【0072】

次いで、モーション編集システム上で、モーション再生中に取得されたセンサ情報に基づいて、ロボットの動作を評価する（ステップ S 4）。センサ情報に基づくロボット 100 の動作の評価方法については、後述に譲る。

【0073】

ロボットの動作を評価した結果、所定の評価基準を満たさない場合には、モーションの修正処理を行なった後（ステップ S 5）、ステップ S 2 に戻って、実機上での再生に基づく動作の評価を再度行なう。

【0074】

また、ロボットの動作を評価した結果、所定の評価基準を満たす場合には、ステップ S 3 によって得られたセンサ情報を参照センサ情報として埋め込んだモーション・データ・ファイルを作成し（ステップ S 6）、本処理ルーチン全体を終了する。

【0075】

図 5 に示すような処理手順に従ってモーション・データを評価・修正することにより、実ロボットのセンサ情報を通信により取得し、実ロボットの応答を考慮したモーションを作成することができる。また、基準環境下で作成されたモーション・データを、例えば住居環境などの異なる環境下で実行したときに、実ロボットが意図したとおり動作しているかどうかを判断することができる。

【0076】

このように実ロボット上でモーション・データを評価することには、主に以下の点に意義がある。

【0077】

（1）加速度の印象の相違：



仮想空間上でのコンピュータ・グラフィックス（CG）によるアニメーション再生と実空間上での実機での再生とでは、各部の速度や加速度に対する感度が大きく異なるため、その調整には実ロボットを用いて行なう必要がある。

【0078】

（2）姿勢の印象の相違：

仮想空間上でのコンピュータ・グラフィックスによるアニメーション再生と実空間上での実ロボットでの再生とでは、各部の位置・姿勢関係に対する感度が大きく異なるため、その調整は実ロボットを用いて行なう必要である。例えば、安定化に用いる部位を腰部のみにした場合、コンピュータ・グラフィックでは気にならなかった腰の運動が、実ロボットでの再生確認では、腰の動きが大きく感じられ所望の動的姿勢が得られないことがある。そこで、部分再生を安定化部位を増やすとともに優先順位を変えながら行なうことで、所望の動的姿勢に修正することができる（例：腰に加え、安定化部位に、体幹と頭部を加えた。これにより実ロボットの腰の運動が小さくなり所望の動作が得られる）。

【0079】

（3）実機のアクチュエータのトルク（電流）推定の困難さ：

実機のアクチュエータの正確な電流推定は、非常に厳密なモータ・モデルの構築とその各要素の高精度な同定を必要とし、さらにそのモデルを用いたシミュレーションには、PCなどの一般的な計算機システムでは現実時間を大幅に超える時間を必要とする。このため、実機のモーション再生による実測を行ない、細部の修正を行なうことで、モーション作成時間の大幅な増加をきたさずに、よりロバストなモーションが作成できる。

【0080】

4）正確な接触・接地時刻の指定の困難さ：

ロボットの外界との接触点及びその接触タイミングの計画運動からの偏差は、ロボットに未知でしかもインパルス的な外力及び外力モーメントが加わることで、たとえ実時間適応制御を適応したとしても、その運動の安定性に与える影響は非常に大きなものとなる。しかしながら、実ロボットの厳密な形状モデルの構築には、外部環境も含めて高精度な同定を必要とし、さらにそのモデルを用い

た接触状態シミュレーションには、P Cなどの一般的な計算機システムでは現実時間を大幅に超える時間を必要とし、現実的ではない。そこで、一般的なP Cで現実時間内で処理可能な程度の簡略化した形状及び環境モデルを用いて生成したモーションと実ロボットでそのモーションを現実の標準環境群で実行した場合との接地点及びその着離状態の偏差を用いて、モーションの修正及び姿勢(運動)安定化処理を再度行なうことで、極めてロバストなモーションを生成することができる。

【0081】

モーション・データが記述するロボットの動作自体が同じであっても、外部環境又は作業環境に応じて各センサ出力は相違する。例えば、同じ歩行パターンであっても、坂道るとき、あるいは路面が動いてしまう砂利の上や毛足の長い絨毯の上とでは、センサの出力値は異なる。本実施形態によれば、モーション・データが参照センサ情報を埋め込むことにより、特定の作業環境下（あるいはロボットの利用形態）に応じたモーション・データを記述することができる、という利点がある。

【0082】

モーション・データのファイル・フォーマット例を図6～図9に示しておく。本実施形態では、モーション・データは、関節角情報と、姿勢情報と、ZMP軌道情報と、足底接地情報を含んでいる。図6に示すように、関節角情報は、モーション実行時における脚式移動ロボット100の関節自由度を構成する各関節アクチュエータの変位量が時系列的（サンプリング時間毎に）に配列されてなる時系列データである。各サンプリング時刻毎のレコードは、各関節についての角度指令値とモーション実行時の測定値の組み合わせで構成される。同図において、R_関節名は、編集時の該当アクチュエータに対する角度指令値であり、M_関節名は、ロボットがモーション実行時におけるアクチュエータの測定値である。

【0083】

また、図7に示すように、姿勢情報は、モーション実行時における脚式移動ロボット100の機体上の各部位に設置された姿勢センサ（ジャイロ・センサ）の情報が時系列的（サンプリング時間毎に）に配列されてなる時系列データである。

。各サンプリング時刻毎のレコードは、各センサについてのモーション編集時の目標値とモーション実行時の測定値とセンサ出力をフィルタリングした後の測定値の組み合わせで構成される。同図において、R_センサ名は、該当センサにおける編集時のセンサの目標値であり、M_センサ名は、ロボットのモーション実行時の該当センサにおける測定値であり、F_センサ名は、ロボットのモーション実行時の該当センサ主力をフィルタリングした後の測定値である。

【0084】

また、図8に示すように、ZMP軌道情報は、モーション実行時における脚式移動ロボット100のZMP位置が時系列的（サンプリング時間毎に）に配列されてなる時系列データである。各サンプリング時刻毎のレコードは、左右の各足底についての、編集時の目標ZMP軌道と、モーション実行時に安定化制御によって修正された後のZMP軌道の組み合わせで構成される。同図において、R_ZMP軌道は編集時の目標ZMP軌道であり、M_ZMP軌道はロボットのモーション実行時に安定化制御によって修正された後のZMP軌道である。

【0085】

また、図9に示すように、足底接地情報は、モーション実行時における脚式移動ロボット100の足底に設置された各床反力センサの測定値が時系列的（サンプリング時間毎に）に配列されてなる時系列データである。各サンプリング時刻毎のレコードは、床反力センサの編集時の目標値とモーション実行時の測定値の組み合わせで構成される。同図において、R_接地情報は、編集時の目標値であり、M_接地情報はモーション実行時の測定値である。

【0086】

図10には、図5に示したフローチャートのステップS4に相当する、センサ情報に基づくロボット100のモーション・データを評価するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0087】

ステップS11では、アクチュエータの応答性を評価する。より具体的には、編集時のアクチュエータに対する角度指令値に対して、実ロボット上で実行したときの追従性を時系列で評価する（ステップS12）。アクチュエータは上限速

度（加速度）・上限角によって応答性が悪くなり、また、リンク同士の干渉が発生すると目標に追従できなくなる。目標値と実測値の差分を算出し（ステップ S 13）、差分値が大きくなると評価が落ちる。評価が未達成であれば内容を保存し（ステップ S 14）、評価が達成されれば当該評価を終了する。

【0088】

また、ステップ S 15 では、アクチュエータ・トルクの評価を行なう。より具体的には、実ロボットで実行したときのアクチュエータ・トルク値と回転数を時系列で取得し、取得したデータをアクチュエータの特性を示す NT 曲線と比較し、アクチュエータの限界トルクを超えている動作がないかを評価する（ステップ S 16）。評価が未達成であれば内容を保存し（ステップ S 17）、評価が達成されれば当該評価を終了する。シミュレーションによるトルク値の算出は非常に時間がかかり誤差も含まれるが、編集システムと接続された実ロボットから取得することで、正確な情報を即時に取得できる。

【0089】

また、ステップ S 18 では、姿勢の評価を行なう。より具体的には、モーション編集時に計画した姿勢センサ値や ZMP 軌道と、実ロボットで実行したときセンサ値や ZMP 軌道との差を算出して（ステップ S 19）、差分値が大きくなると評価が落ちる（ステップ S 20）。評価が未達成であれば内容を保存し（ステップ S 21）、評価が達成されれば当該評価を終了する。保管した差分情報は、再編集時に姿勢安定化制御のパラメータとして利用する。

【0090】

また、ステップ S 22 では、接地の評価を行なう。より具体的には、モーション編集時の姿勢と実ロボット上でモーションを実行したときの測定値との差分を計算して（ステップ S 23）、差分値を評価する（ステップ S 24）。評価が未達成であれば内容を保存し（ステップ S 25）、評価が達成されれば当該評価を終了する。ロボットの外界との接触点及びその接触タイミングの計画運動からの偏差は、ロボットに未知でしかもインパルス的な外力及び外力モーメントが加わることになり、たとえ実時間適応制御を適応したとしても、その運動の安定性を与える影響は非常に大きなものとなる。そこで、理想的な仮想空間で生成したモ

ーションと実ロボットでそのモーションを実行した場合との接地点及びその着離状態の偏差を用いて、モーションの修正および姿勢(運動)安定化処理を再度行なうことで、極めてロバストなモーションを生成することができる。

【0091】

また、ステップS26では、補正達成度の評価を行なう。すなわち、前回以前の評価によって修正されたモーションに対して、測定値の改善度を算出し(ステップS27)、再度、各項目に関する優先度に応じて総合評価を行なう(ステップS28)。評価が未達成であれば内容を保存し(ステップS29)、評価が達成されれば当該評価を終了する。

【0092】

また、ステップS30では、外部接触による衝撃の評価を行なう。より具体的には、衝撃によるアクチュエータ・トルクやZMP偏差・加速度の影響を算出し(ステップS31)、影響の評価を行なう(ステップS32)。評価が未達成であれば内容を保存し(ステップS33)、評価が達成されれば当該評価を終了する。ロボットの外界を厳密にモデル化することは、特に人間の生活環境を考えると極めて困難である。そこで、シミュレータによる実行時間が現実時間と比較して、過大にならない簡単な衝突モデルを用いて、まず、理想的な仮想空間で外界との衝突を伴うモーションを生成し、次に、実ロボットでそのモーションを実行した場合との外部接触による力情報の偏差を用いて、モーションの修正および姿勢(運動)安定化処理を再度行なうことで、短時間で、極めてロバストなモーションを生成することができる。

【0093】

図11には、図5に示したフローチャートのステップS5に相当する、モーションの修正処理の手順をフローチャートの形式で示している。

【0094】

モーション修正は、モーション編集システム上で、手動又は自動で修正を行なうことができる。

【0095】

手動修正の場合、指令値と測定値の差分値や前回以前の修正による改善内容を

グラフなどによって視覚的に確認しながら修正する（ステップS41）。

【0096】

一方、自動修正の場合、ステップS11における応答性評価結果の内容を利用して、アクチュエータへの角度指示値を修正する（ステップS42）。また、応答性評価結果を利用して、アクチュエータの制御パラメータ（PIDなど）を修正する（ステップS43）。また、ステップS15におけるアクチュエータ・トルクの評価結果の内容を利用して、姿勢安定化処理ブロックの安定化優先部位を変更する（ステップS44）。また、ステップS18における姿勢の安定評価結果を利用して、姿勢安定化処理ブロックの内容を変更する（ステップS45）。また、ステップS22における接地の評価結果を利用して、姿勢安定化処理ブロックの内容を変更する（ステップS46）。また、ステップS30における外部接触による衝撃の評価結果を利用して、外部接触を考慮した、姿勢安定化処理ブロックの制御を変更する（ステップS47）。

【0097】

本実施形態に係るモーション編集処理は、ロボットの実機上でモーション・データを再生して評価できること、モーション・データの再生中に取得されたセンサ情報に基づいてモーションを修正すること、並びに、参考センサ情報が埋め込まれた形式のモーション・データを処理結果として得られることに特徴がある。

【0098】

ここで、モーション・データを実機上で再生する際、モーション・データの任意の範囲のみを取り出して実機上で再生することにより、モーション編集作業の効率化を図っている。

【0099】

モーションは、2以上のポーズの時系列的な組み合わせで構成されるが、加速度を積極的且つ継続的に用いたダイナミックなモーション（継続的動的運動）を実行する場合、そのモーションを途中から実行し、評価を行なうことは不可能である。

【0100】

そこで、本実施形態では、そのような継続的動的運動を任意の時刻からの再生

・停止を可能とすることで、モーションの評価に要する時間を極めて短縮するようにした。

【0101】

図12には、ロボット100のモーション・データで記述される継続的動的運動を任意の時刻からの再生・停止を処理するための手順をフローチャートの形式で示している。

【0102】

まず、ユーザ入力などによりモーション・データ中の開始時刻を設定する（ステップS51）。

【0103】

次いで、この開始時刻における動的姿勢の計算を行なう（ステップS52）。そして、開始時刻の動的姿勢を終点とする過渡モーションを生成して（ステップS53）、この過渡モーションを用いて実機上でのモーションの再生を行なう（ステップS54）。

【0104】

次いで、ユーザ入力などによりモーション・データ中の停止時刻を設定する（ステップS55）。そして、停止時刻における動的姿勢を計算し（ステップS56）、停止姿勢を始点とする過渡モーションを生成して（ステップS57）、この過渡モーションを用いて、実機の動作を停止させる（ステップS58）。

【0105】

図13には、モーション編集処理についての他の実施形態をフローチャートの形態で示している。

【0106】

まず、モーション作成編集システム上で、モーション・データを作成する（ステップS61）。

【0107】

ここで、モーションの再編集時には、上述の図11に示した処理手順に従って、手動又は自動でモーション・データの再編集を行なう（ステップS62）。

【0108】

次いで、仮想空間上での安定化部位の選定とその優先度の指定によるモーションの安定化を行なう（ステップS63）。

【0109】

【0110】

次いで、安定化されたモーションをモーション作成編集システム上で動作印象確認し（ステップS64）、所望のモーションであればステップS65へ進み、なければS62へ戻る。

【0111】

ステップS65では、編集用モーションデータを実ロボットに取り込む。そして、ステップS66では、実ロボットを使用し、動作印象を確認する。

【0112】

このとき、全再生、部分指定してモーションを再生することが可能である。所望のモーションであればステップS67へ進む。また、所望のモーションでなければ、安定化部位の再選定とその優先度の再指定やモーションの再編集のためにステップS62へ戻る。

【0113】

ステップS67では、実ロボットのセンサ情報をモーション作成編集装置に取得する。

【0114】

次いで、上述の図10に示した処理手順に従って、モーション作成編集装置上でロボットの動作を評価する。ここで、評価基準を満たしていればステップS69へ進み、なければステップS70へ進む。

【0115】

ステップS69では、編集用モーション・データに参考データ・ファイルを埋め込んだ、最終モーション・データ・ファイルを作成する（図6～図9を参照のこと）。

【0116】

一方、ステップS70では、評価内容を保存する。この保存内容はモーションの再編集で利用される（同上）。

【0117】

[追補]

以上、特定の実施例を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。

【0118】

本発明の要旨は、必ずしも「ロボット」と称される製品には限定されない。すなわち、電氣的若しくは磁氣的な作用を用いて人間の動作に似せた運動を行う機械装置であるならば、例えば玩具等のような他の産業分野に属する製品であっても、同様に本発明を適用することができる。

【0119】

要するに、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、本明細書の記載内容を限定的に解釈するべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参酌すべきである。

【0120】

【発明の効果】

以上詳記したように、本発明によれば、実機上での実行可能性を考慮しながら動作パターンの編集を支援する脚式移動ロボットのための優れたモーション編集装置及びモーション編集方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することができる。

【0121】

また、本発明によれば、実機上で動作を確認しながら編集されたモーションを修正することができる、優れたモーション編集装置及びモーション編集方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係るモーション編集システムによるモーション編集の対象となる脚式移動ロボット100の外観構成を示した図である。

【図2】

本発明に係るモーション編集システムによるモーション編集の対象となる脚式移動ロボット 100 の外観構成を示した図である。

【図 3】

本発明の実施に供される脚式移動ロボット 100 の自由度構成を模式的に示した図である。

【図 4】

脚式移動ロボット 100 の制御システム構成を模式的に示した図である。

【図 5】

本発明の一実施形態に係るモーション編集システムにおける処理フローを模式的に示した図である。

【図 6】

モーション・データに含まれる関節角情報のデータ構造を示した図である。

【図 7】

モーション・データに含まれる姿勢情報のデータ構造を示した図である。

【図 8】

モーション・データに含まれる ZMP 軌道情報のデータ構造を示した図である。

【図 9】

モーション・データに含まれる足底接地情報のデータ構造を示した図である。

【図 10】

センサ情報に基づくロボット 100 のモーション・データを評価するための処理手順を示したフローチャートである。

【図 11】

モーションの修正処理の手順を示したフローチャートである。

【図 12】

ロボット 100 のモーション・データで記述される継続的動的運動を任意の時刻からの再生・停止を処理するための手順を示したフローチャートである。

【図 13】

モーション編集処理についての他の実施形態を示したフローチャートである。

【符号の説明】

3 0 … 頭部ユニット, 4 0 … 体幹部ユニット

5 0 … 腕部ユニット, 5 1 … 上腕ユニット

5 2 … 肘関節ユニット, 5 3 … 前腕ユニット

6 0 … 脚部ユニット, 6 1 … 大腿部ユニット

6 2 … 膝関節ユニット, 6 3 … 脛部ユニット

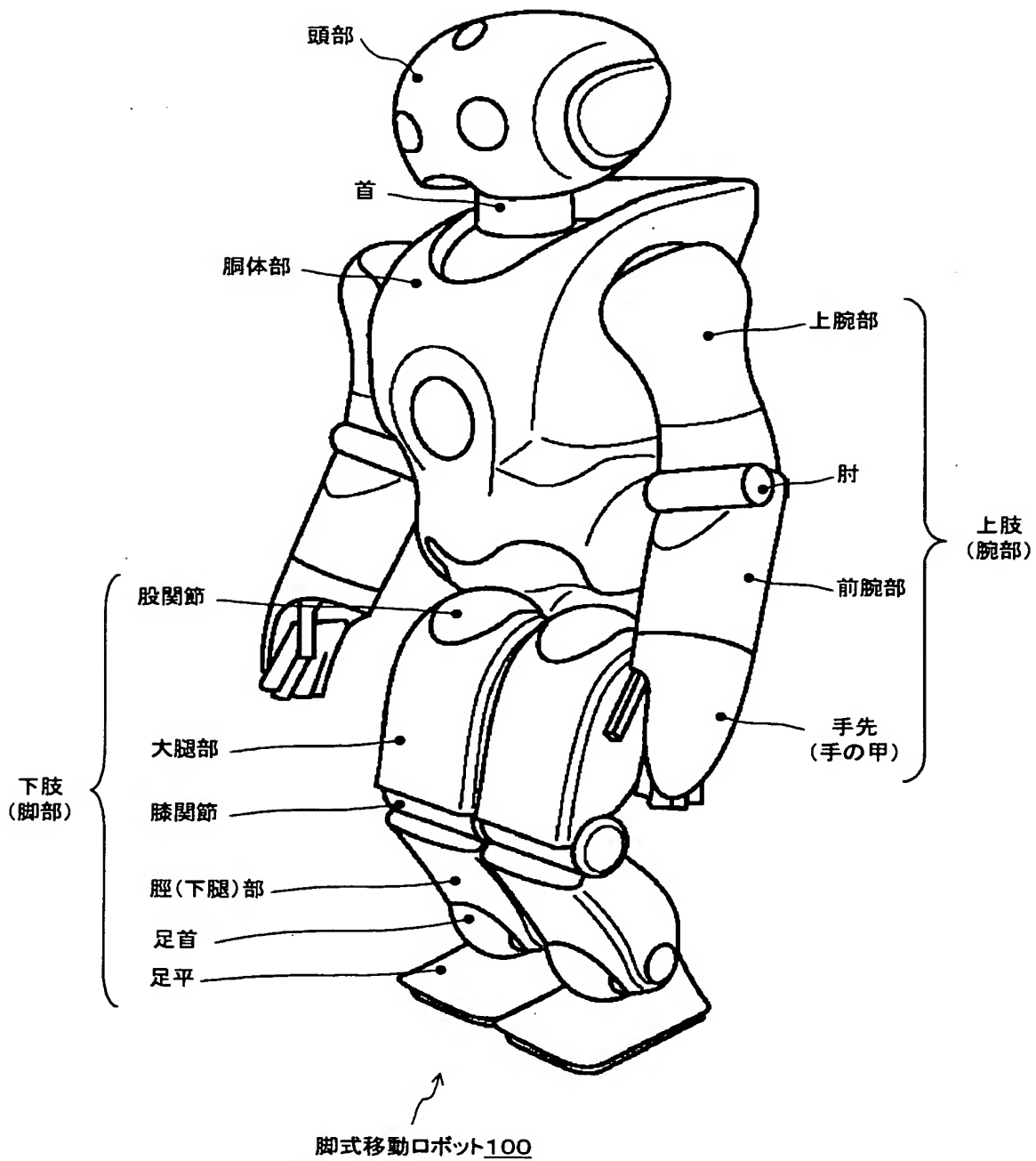
8 0 … 制御ユニット, 8 1 … 主制御部

8 2 … 周辺回路

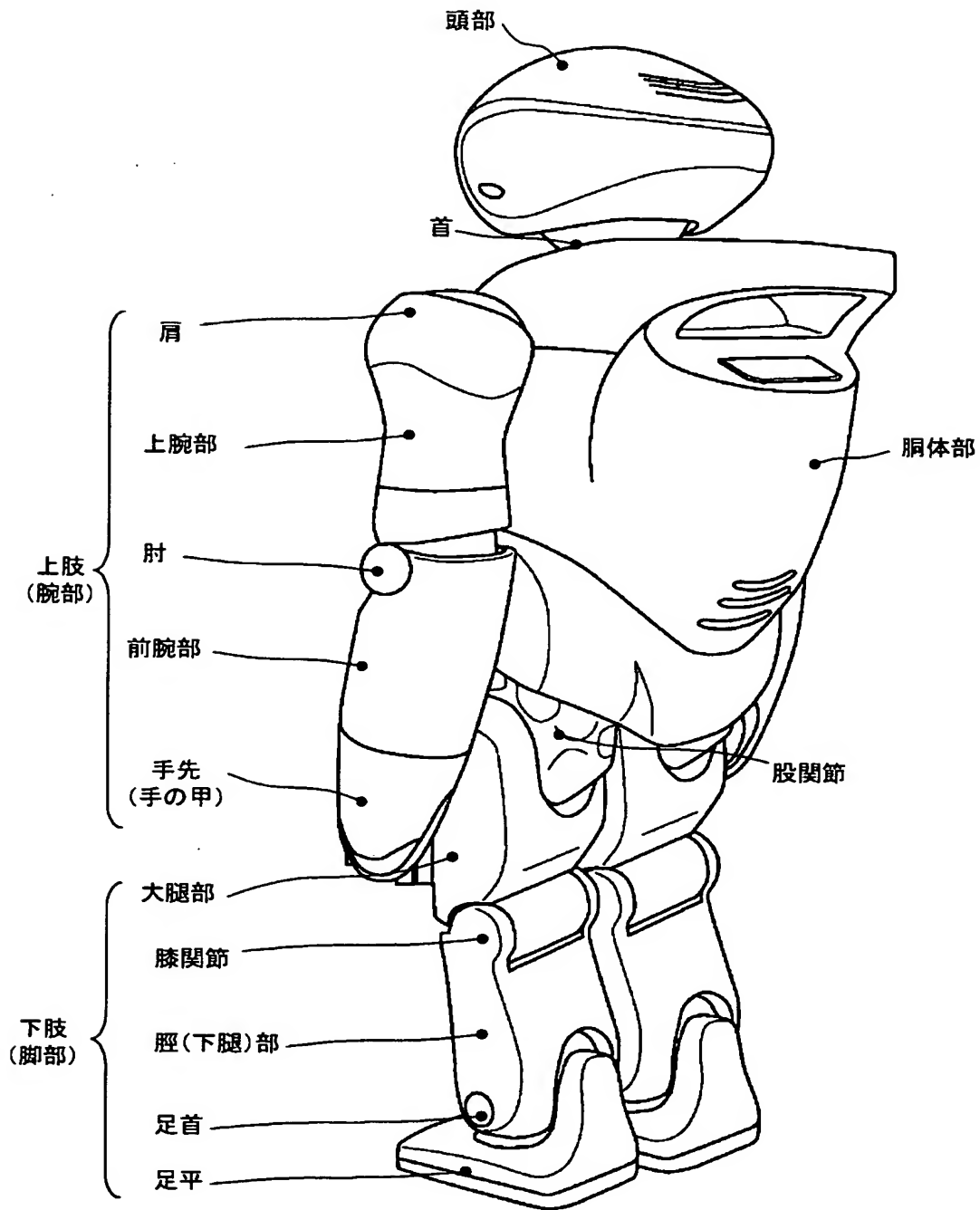
1 0 0 … 脚式移動ロボット

【書類名】 図面

【図 1】

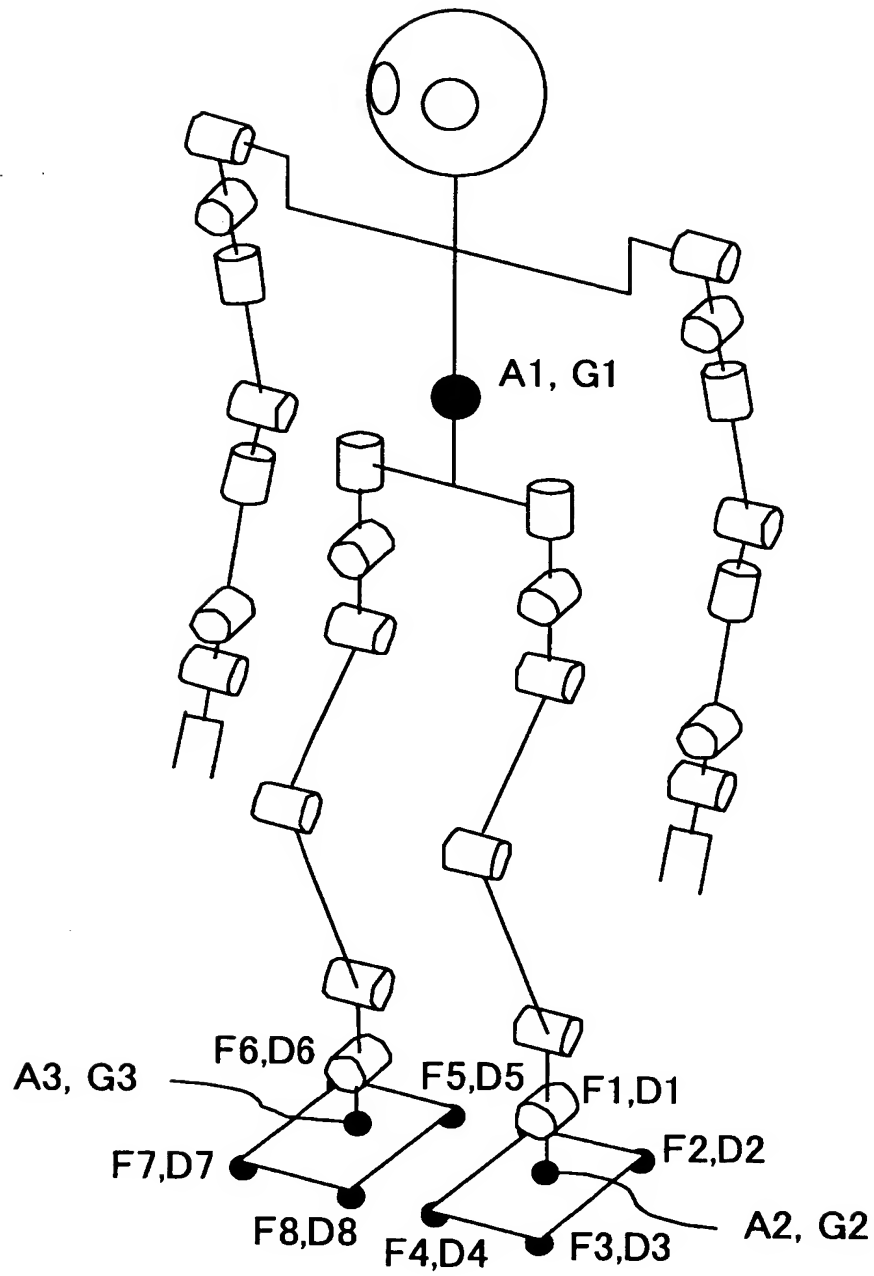


【図 2】

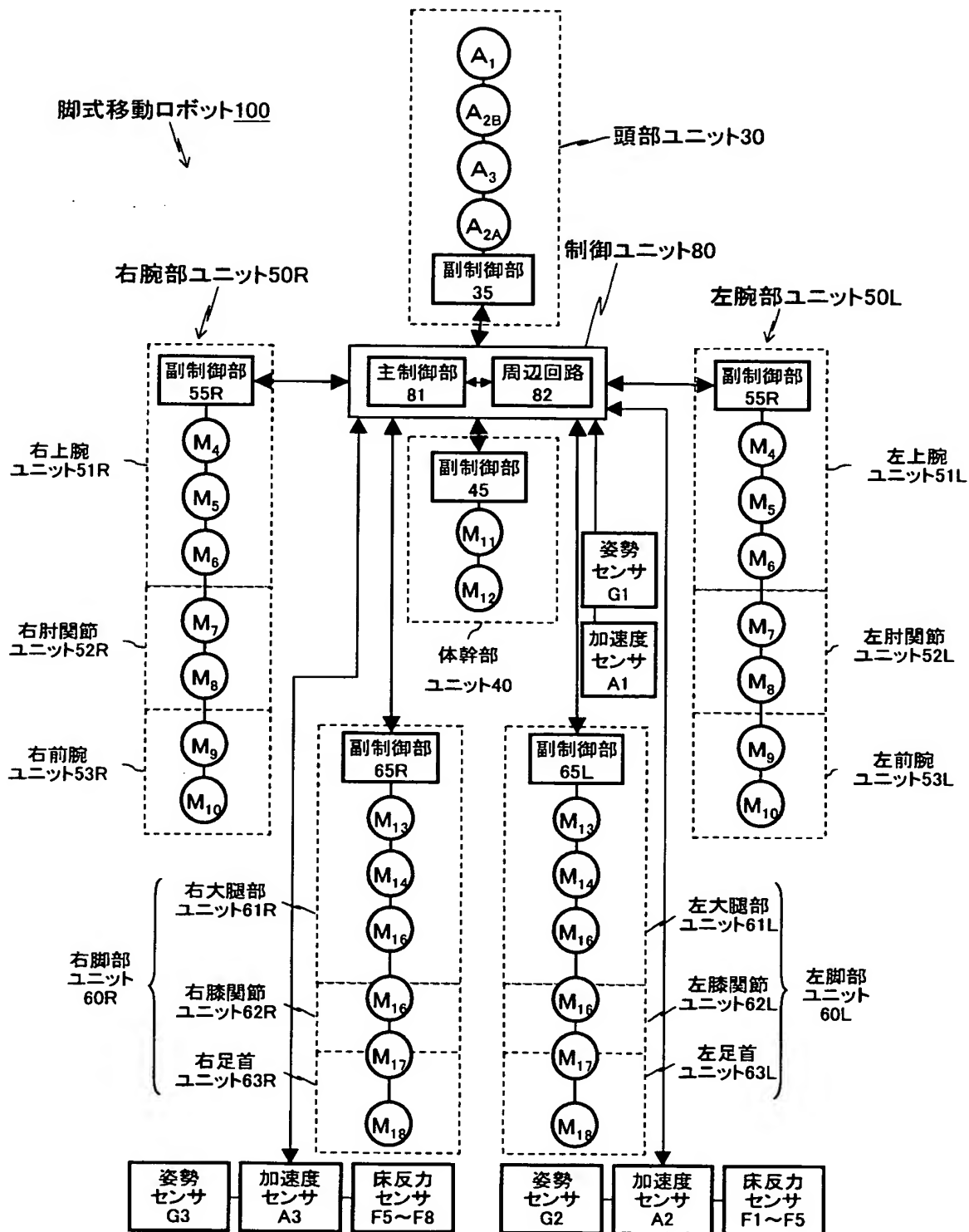


脚式移動ロボット100

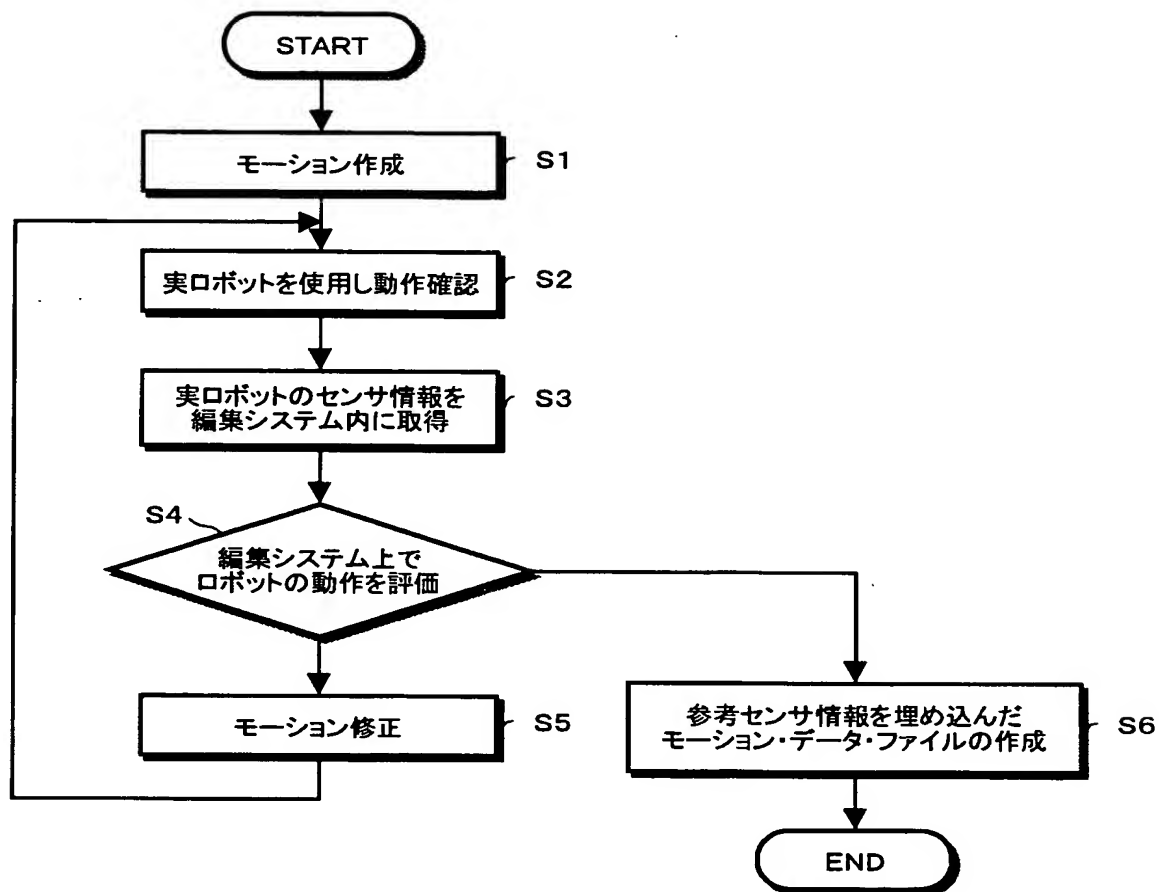
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

時刻	R_Waist_Pitch	M_Waist_Pitch	R_Waist_Roll	M_Waist_Roll	R_Right_Shoulder_Pitch	M_Right_Shoulder_Pitch
0	1.3	1.06294	0	0.021973	5.625	5.625
0.010	1.3	1.06294	0	0.016479	5.625	5.625
0.020	1.3	1.068433	0	0.32959	5.625	5.625
0.030	1.3	1.06294	0	0.32959	5.635987	5.635987
0.040	1.3	1.06294	0	0.016479	5.625	5.625

〈関節名〉

Waist_Pitch: 腰関節ピッチ軸

Waist_Roll: 腰関節ロール軸

Right_Shoulder_Pitch: 右肩関節ピッチ軸

【図 7】

時刻	R_PelvisAccelX	M_PelvisAccelX	M_PelvisACAccelX	F_PelvisACAccelX	R_PelvisGyroRoll	M_PelvisGyroRoll
0	0.0	-0.136172	0.000143	0.000143	0.0	0.010594
0.010	0.0	-0.134975	0.000143	0.000143	0.0	0.010594
0.020	0.0	-0.139764	0.000143	0.000143	0.0	0.011169
0.030	0.0	-0.140961	-0.153087	-0.153087	0.0	0.010594
0.040	0.0	-0.143355	-0.153087	-0.153087	0.0	0.011169

〈センサ名〉

PelvisAccelX:

X軸骨盤部加速度センサ値

PelvisACAccelX:

X軸骨盤部加速度センサAC値(交流成分)

PelvisGyroRoll:

右肩関節ピッチ軸

【図 8】

時刻	R_RightFootZMPX	M_RightFootZMPX	R_RightFootZMPY	M_RightFootZMPY
0	0.0	-0.005918	0.0	-0.027209
0.010	0.0	-0.005918	0.0	-0.027209
0.020	0.0	-0.005918	0.0	-0.027209
0.030	0.0	-0.005918	0.0	-0.027209
0.040	0.0	-0.005918	0.0	-0.027209

〈ZMP軌道名〉

RightF tZMPX:

X軸右足ZMP軌道

RightF tZMPY:

Y軸右足ZMP軌道

【図 9】

時刻	R_RightFootCNT	M_RightFootCNT	M_RightFootFZ
0	15	15	33.932476
0.010	15	15	34.004326
0.020	15	15	34.004326
0.030	15	15	33.941456
0.040	15	15	34.004326

〈接地情報〉

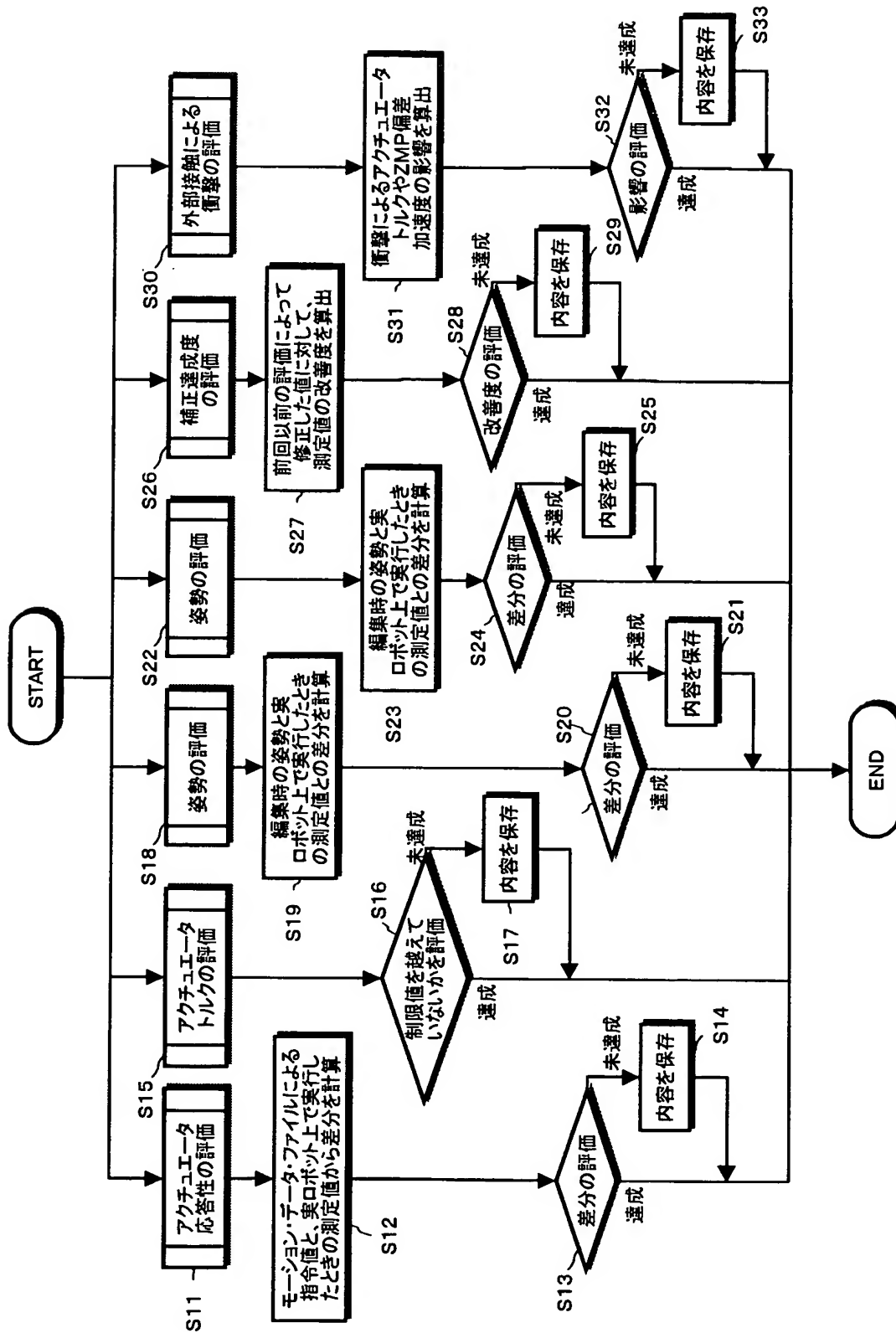
RightFootCNT:

右足接地

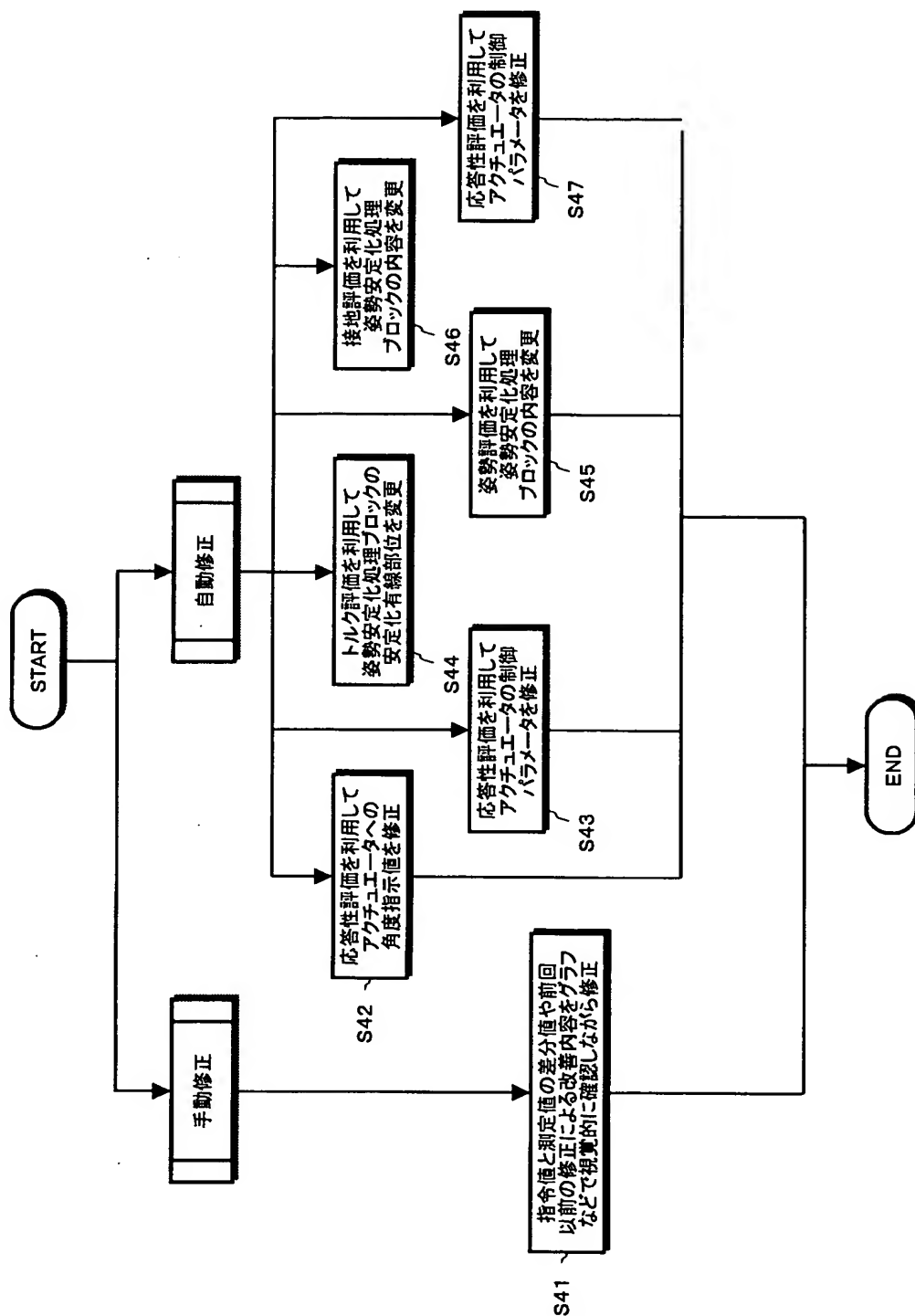
RightFootFZ:

右足床反力

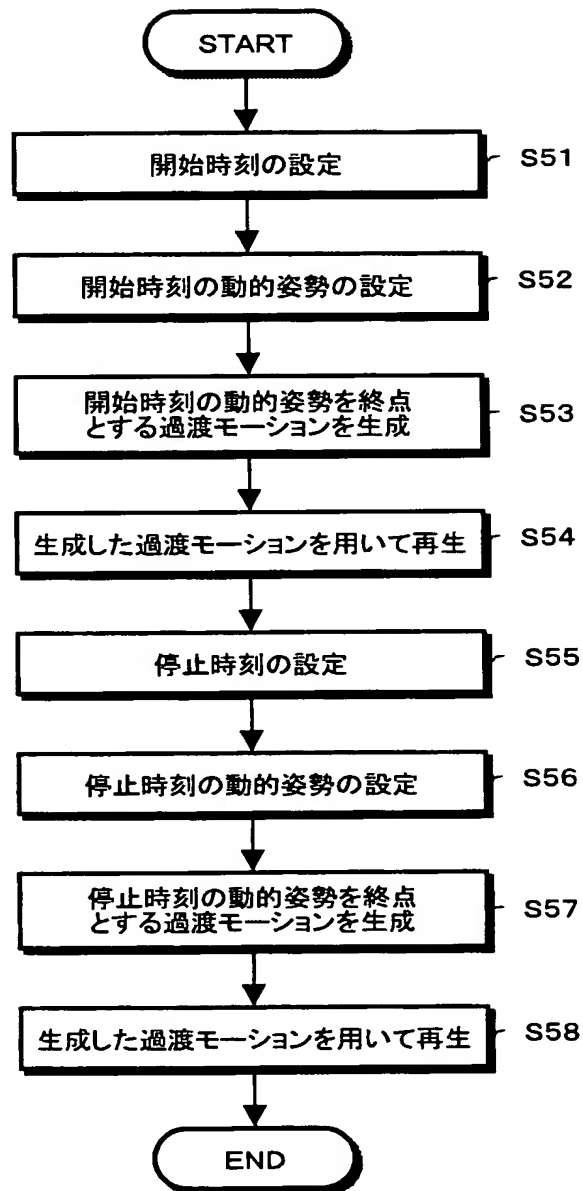
【図 10】



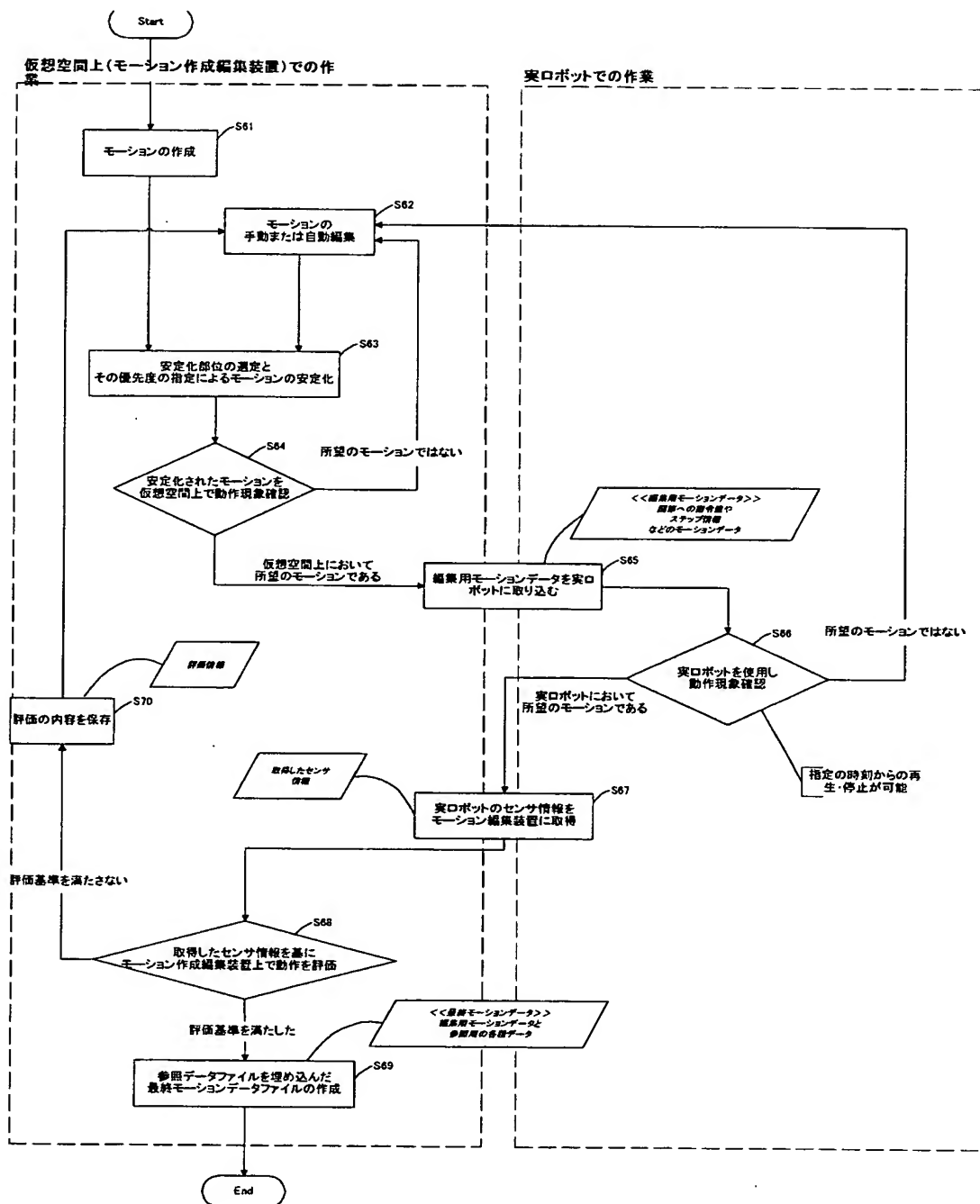
【図 11】



【図 12】



【図 13】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 実機上で動作を確認しながら編集されたモーションを修正する。

【解決手段】 実機を使用してモーション・データの任意の範囲を再生したときに、機体上に設置された各センサからの出力すなわちセンサ情報を、モーション編集システムに転送する。次いで、モーション編集システム上で、モーション再生中に取得されたセンサ情報に基づいて、ロボットの動作を評価する。ロボットの動作を評価した結果、所定の評価基準を満たさない場合は、モーションの修正処理を行ない、所定の評価基準を満たす場合には、参照センサ情報を埋め込んだモーション・データ・ファイルを作成する。

【選択図】 図 5



特願 2 0 0 2 - 2 9 8 3 4 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 8 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社



特願 2 0 0 2 - 2 9 8 3 4 8

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[5 9 9 1 3 3 3 8 1]

1. 変更年月日

1 9 9 9 年 9 月 2 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都日野市多摩平 5 - 1 4 - 3 8

氏 名

山口 仁一